LE POINT EN RECHERCHE

Série technique 02-109

ATTACHES À MAÇONNERIE COMPOSITES

Aperçu

Les attaches métalliques pour placages de maçonnerie sont sujettes à la corrosion, un phénomène qui risque de produire des fissures, des bombements ou même la défaillance d'une partie du mur extérieur d'un bâtiment.

Les attaches à maçonnerie consistent en une pièce de métal qui relie deux parois d'un mur à cavité. La paroi externe est en maçonnerie, tandis que la paroi interne est constituée de blocs de béton ou d'une ossature murale en bois ou en acier. L'attache à maçonnerie s'emploie à deux fins. La première permet à deux parois de résister simultanément aux charges verticales et aux surcharges latérales ou, plus communément, aux surcharges latérales seulement. La deuxième permet de transférer la surcharge latérale au mur de fond. C'est ce qui permet à la paroi externe d'être mince et d'agir surtout comme première ligne de défense contre les intempéries.

Même si elles sont enfouies dans un mur, les attaches à maçonnerie sont néanmoins exposées à l'humidité et à l'air qui pénètrent dans le mortier, ce qui les fait corroder. À la longue, les attaches perdent leur intégrité et se brisent. On ne s'aperçoit du problème que lorsqu'un certain nombre d'attaches sont défectueuses et que l'on observe des fissures, un bombement ou l'effondrement partiel d'un mur extérieur. Malgré la présence de ces symptômes, il est difficile de cerner l'étendue du problème sans retirer de grandes parties du mur ou effectuer de vérifications localisées à l'aide d'un endoscope.

Les matériaux composites, une innovation relativement récente, pourraient constituer une solution de rechange à l'acier inoxydable. C'est dans cet esprit que les travaux de recherche dont il est question ici ont été entrepris sur la mise au point d'un prototype d'attache en matériau composite.

Les composites à base de polymères renforcés de fibres (CBPRF) sont utilisés abondamment dans les industries de l'aérospatiale, du transport, de l'automobile et de la chimie, de même que dans la fabrication d'équipements de sport. Par contre, leur utilisation dans des applications structurales, plus particulièrement pour les infrastructures des ponts et chaussées en région froide, est plus récente. Les sommes considérables dépensées pour réparer la corrosion de l'acier d'armature causée par les sels de déglaçage utilisés sur les tabliers en béton des ponts en acier et en béton ont motivé les efforts de recherche sur de nouveaux matériaux. Les CBPRF gagnent en popularité pour la réfection des tabliers de pont, ainsi que pour la réparation et le renforcement des éléments et des structures en béton exposés à l'eau de mer. Employés pour la première fois en 1990 dans un pont piétonnier, les CBPRF ont depuis été utilisés dans des ponts à courte portée soumis à des surcharges élevées de véhicules.

Pour concevoir un prototype convenable, il faut comprendre le fonctionnement de l'attache murale, les propriétés des matériaux employés et les pratiques courantes en construction. Pour y parvenir, la recherche comportait les étapes suivantes :

- une recherche documentaire sur les murs à cavité et les problèmes rencontrés pour ce type d'assemblage
- l'étude des problèmes de performance résultant de la corrosion des attaches et des attaches métalliques dans la maçonnerie
- la revue des normes de conception des attaches à maçonnerie et l'élaboration de critères de conception
- un examen des propriétés des CBPRF et de leurs applications structurales
- l'application des critères de conception aux CBPRF et la conception de prototypes d'attaches composites

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

62882

- des essais sur les prototypes pour déterminer leurs caractéristiques
- des conclusions et des recommandations

Plusieurs prototypes ont été mis au point et mis à l'essai. Les résultats les plus prometteurs proviennent d'une attache réglable fabriquée à partir d'un composite à base de polymères renforcés de fibres de verre (CBPRFV), laquelle pourrait être employée pour liaisonner un placage de brique et un mur de fond en blocs de béton dans un assemblage comportant un vide d'air de 50 mm et un isolant rigide de 50 mm.

Les attaches et la construction des murs

Le mur creux, le plus ancien de deux types de murs extérieurs courants, est construit à l'aide de deux parois de maçonnerie. Le vide est partiellement rempli d'isolant afin d'améliorer la performance thermique, et un matériau imperméable sur la face extérieure du mur de fond évacue l'eau. Des modifications apportées aux techniques de construction ont mené à une alternative — le placage de brique.

Plus récente, cette technique comprend une paroi externe non structurale qui supporte son propre poids ainsi que les surcharges dues au vent, et un mur de fond qui supporte les surcharges latérales et des charges permanentes. La paroi externe agit comme écran pare-pluie, et l'espace entre le placage et le mur de fond comprend un vide d'air, un isolant, de même qu'un pare-air et un pare-vapeur. Le mur creux, toutefois, offre une résistance et une rigidité plus grandes que le placage en raison du transfert des efforts de cisaillement qui se produit entre les deux parois.

Au cours des années 1980, ces murs ont commencé à éprouver de nombreux problèmes qui ont suscité de vastes études sur leur conception et leurs composants, y compris sur les attaches à maçonnerie. Les attaches peuvent se corroder tant dans la cavité que noyées dans le mortier. La corrosion de l'acier se produit à cause de l'oxydation des ions de fer et l'oxyde de fer hydraté qui en résulte est connu sous le nom de rouille.

Une attache simple est soumis aux différentes conditions de son milieu. Elle est noyé dans le mortier, passe par le vide d'air et l'isolant dans la cavité, puis il est encastré dans le mur de fond ou ancré à ce dernier. Un tel attache est plus sujette à la corrosion qu'une attache entièrement noyée dans le mortier. La durée utile d'un attache est difficile à prédire à cause de la complexité du milieu dans lequel elle se trouve et des variations considérables de son exposition à l'humidité et à l'air.

L'examen des spécifications de la performance des attaches doit comporter neuf éléments :

1. *Résistance* — y compris i) le transfert des efforts de la paroi externe au mur de fond, ii) un jeu pour les mouvements différentiels horizontaux et verticaux (fluage, retrait ainsi que dilatation et contraction thermique et hygrométrique) et iii) sa performance lors d'un incendie.
2. *Rigidité* — absence de déformation excessive en traction ou en compression.
3. *Durabilité* — doit être compatible avec la durée utile du bâtiment.
4. *Migration de l'eau vers l'intérieur* — la géométrie de l'attache doit permettre à l'eau de s égoutter dans le vide avant d'atteindre le mur de fond, exigence qui, dans la pratique, s'effectue en créant une goutte d'eau, ce qui provoque une baisse considérable dans la résistance en compression de l'attache.
5. *Surface d'exposition minimale dans la cavité murale* — plus la surface d'exposition est grande dans le vide d'air, plus il s'accumulera de mortier sur l'attache et plus la conductivité thermique sera élevée.

Figure 1 : Comparaison des propriétés des fibres

Fibre	Densité	Résistance en traction (MPa)	Module d'élasticité en traction (GPa)	Allongement en traction à la charge de rupture (%)	Coût relatif
Verre E de Owens Corning	2,6	3 100 à 3 800	75 à 78	4,5 à 4,9	Bas à très économique
Verre S de Owens Corning	2,4	4 600 à 4 800	88 à 96	5,4 à 5,8	Moyen
Aramide (Kevlar) de Dupont	1,4	3 600	41 à 186	2,9 à 8,7	Moyen à élevé
Carbone de Hexcel	1,78	4 200 à 6 100	230 à 300	1,8 à 2,0	Moyen à élevé
Acier de structure 350W	7,8	450 à 650 (rupture élastique à 350)	200	0,2 à la rupture élastique 18 à la résistance ultime 25 à la défaillance	Élevé

Figure 2 : Propriétés des composites

Composites	Fibres par volume	Résistance en traction (MPa)	Module d'élasticité en traction (GPa)	Allongement en traction à la rupture (%)
Fibre de verre RPC	40 % verre E	138 à 206 (longitudinale) 69 (transversale) 685 (tige)	12 à 17,2 (longitudinal) 6,5 (transversal) 41,5 (tige)	1,15
Aramide RPC	58 % aramide	1 900 (tige)	118 (tige)	
Carbone RPC	50 % carbone 55 % carbone	600 (dans les deux directions) 1 100 (tige)	70 (dans les deux directions) 120 (tige)	0,85 1,1 (tige)
Acier de structure 350W	7,80	450 à 650 (rupture élastique à 350)	200,00	0.2 à la rupture élastique 18 à la résistence ultime 25 à la défaillance

6. *Tolérances de construction* — les attaches doivent être compatibles avec le processus de construction : tout en étant résistantes et sans danger pour les travailleurs, elles doivent faciliter l'installation de la membrane et de l'isolant.
7. *Maintien en place de l'isolant et de la membrane* — le fait de retenir ces deux éléments diminue la possibilité qu'ils se séparent, ce qui favoriserait l'accumulation d'eau.
8. *Économie* — leur production doit être économique et uniforme.
9. *Qualité du travail* — un guide des règles de l'art favorisant une meilleure installation assurera que les attentes en matière de performance seront respectées.

Conception du prototype et essais

Des fibres à haute résistance entrent dans la fabrication des composites, en combinaison avec différentes résines. Les résines employées pour créer des composites comprennent les époxydes, les résines phénoliques ainsi que le bismaléimide et les esters de cyanate. Il existe différents procédés de fabrication, mais ils ont tous un élément très important en commun : l'application contrôlée de la chaleur et de la pression après la fabrication. Les fibres les plus courantes sont le verre (verre E ou verre S), l'aramide (aussi connu sous le nom de Kevlar) et le carbone. La figure 1 donne les propriétés en traction de chaque type de fibre, de même que l'acier de structure à titre de référence.

Le CBPRF le plus courant est fabriqué au moyen d'un procédé d'extrusion par étirage. Le produit qui en résulte est fiable et relativement économique. Les difficultés surviennent à cause des limites dans les formes que l'on peut produire et d'une résistance plus élevée bien connue dans l'axe longitudinal du matériau. Cette différence de résistance entre l'axe longitudinal et transversal est de l'ordre de 3 pour 2. La figure 2 présente des comparaisons des propriétés en traction des différents composites, fondées sur des formes produites par extrusion par étirage.

Le CBPRF extrudé par étirage le plus courant sur le marché est fabriqué à l'aide de verre E (CBPRFV). L'aramide (Kevlar), considérablement plus cher, est habituellement fabriqué sur demande seulement. Il en est de même pour les CBPRF au carbone, mais ils sont encore plus dispendieux.

On a mis au point un prototype composé de deux pièces, dont la partie A est rectangulaire et la partie B en forme de U que l'on insère dans une fente aménagée dans la pièce A (voir les

Figure 3 : Conception de base de l'attache pour blocs de béton et variantes

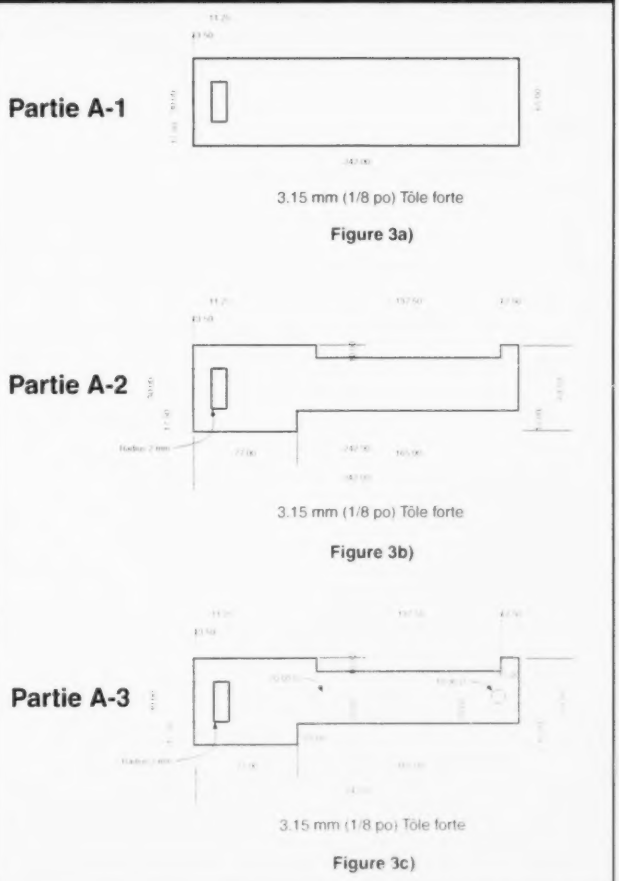


Figure 3a)

Figure 3b)

Figure 3c)

figures 3 et 4). La partie A repose sur le joint montant (du bloc de béton) et la partie B constitue l'attache à brique.

Les essais du prototype ont été effectués à l'aide d'un assemblage mural composé d'un placage de brique, d'un vide d'air de 50 mm, d'un isolant rigide de 50 mm d'épaisseur, d'un pare-air/pare-vapeur, ainsi que d'un mur de fond en bloc de béton de 190 mm. Le prototype a été mis à l'essai pour déterminer sa résistance en traction et en compression, ainsi qu'en arrachement (de la maçonnerie et du placage).

Résultats

Voici les résultats des essais :

- La résistance en traction du matériau s'est avérée le facteur limitatif dans la conception du prototype. La partie A de l'attache, la plus faible, dicte la résistance ultime de l'attache.
- Par contre, l'adhérence n'a pas posé de difficulté particulière, puisque celle-ci excédait largement la résistance de l'attache. Le fait de rendre la surface plus rugueuse ou d'ajouter un ancrage mécanique a certes augmenté la capacité d'adhésion, mais cela s'est avéré inutile.
- L'ajustement presque parfait des deux éléments de l'attache a donné un jeu de garde presque négligeable.
- La défaillance en traction de la partie B s'est produite soit dans un angle du U ou au bas-centre.
- La partie A fait presque toujours défaillance en appui ou en cisaillement.
- La plupart des défaillances en résistance qui ont causé le délaminage étaient cassantes et elles se sont produites soudainement.
- La résistance en compression du mortier n'a pas semblé influer sur la qualité de l'adhésion entre l'attache et la maçonnerie.
- Les essais d'enfoncement et d'arrachement indiquent que ce genre de défaillance est peu probable.
- Les matériaux mis à l'essai provenaient de deux différents manufacturiers, mais les propriétés de chacun se sont révélées semblables.

Conséquences pour le secteur du logement

Les résultats de cette recherche permettent de croire qu'il est possible de fabriquer une attache réglable à l'aide de matériaux composites à base de polymères renforcés de fibres de verre pour les murs à placage de brique dotés d'un vide d'air de 50 mm et d'un isolant rigide de 50 mm. La production du prototype a demandé beaucoup de travail de précision, puisqu'il fallait donner au matériau la forme voulue. Ce procédé devra être simplifié afin de réduire les coûts de fabrication.

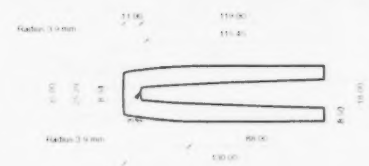
Besoins supplémentaires en recherche

Il faut entreprendre des recherches supplémentaires pour connaître la résistance au feu de l'attache composite. On sait que le matériau possède une performance satisfaisante, mais puisqu'il se réchauffe, on aimerait en savoir plus sur les conséquences de ce phénomène pour l'attache. Il importe également de connaître les charges que doivent supporter les attaches lorsqu'elles sont exposées au feu. Il sera peut être possible d'améliorer les propriétés du matériau en choisissant une résine, un voile de revêtement ou des matériaux de finition différents.

Le procédé d'extrusion par étirage devrait faire l'objet d'un examen afin de déterminer s'il est possible de le modifier de façon à obtenir des propriétés plus avantageuses. Par exemple, on pourrait mettre au point un nouveau procédé de moulage qui emploierait des fibres couchées, au lieu des fibres courtes utilisées dans le moulage par injection. On pourrait aussi étudier la possibilité de fabriquer des attaches monopièces à partir de nouveaux matériaux thermoplastiques (déformables) fabriqués par le procédé d'extrusion par étirage.

Figure 4 : Conception de base de l'attache à brique et variantes

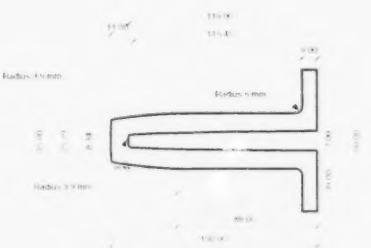
Partie B-1



3.15 mm (1/8 po) Tôle forte

Figure 4a) - Attache à brique de base

Partie B-2



3.15 mm (1/8 po) Tôle forte

Figure 4b) - Attache à brique avec ailettes

Directeur de projet à la SCHL : Luis de Miguel,
ldemigue@cmhc-schl.gc.ca

Consultante : Vera Straka, ing.
Université polytechnique Ryerson, vstraka@ryerson.ca

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.cmhc-schl.gc.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La SCHL se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

61170